

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

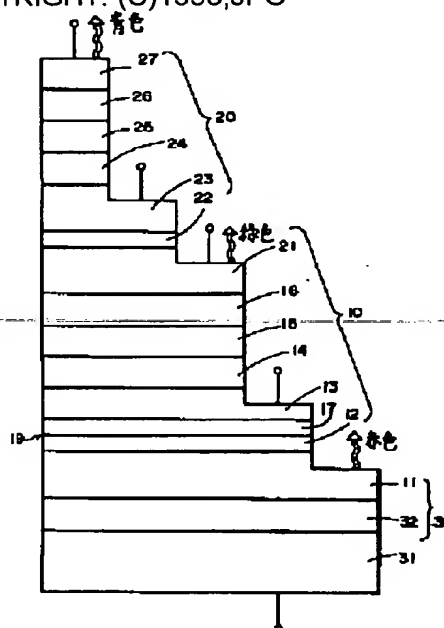
(11)Publication number: **08293625 A**(43)Date of publication of  
application: **05. 11 . 96**(51)Int. Cl **H01L 33/00**(21)Application number: **07101352**(22)Date of filing: **25 . 04 . 95**(71)Applicant: **SUMITOMO ELECTRIC IND  
LTD**(72)Inventor: **MIURA YASUNORI  
MATSUBARA HIDEKI  
SEKI HISASHI  
KOKETSU AKINORI****(54)PRIMARY-COLOR LIGHT-EMITTING  
ELEMENT AND MANUFACTURE THEREOF****(57)Abstract:**

**PURPOSE:** To make it possible to form a primary-color light-emitting element of a very simple element structure by a method wherein groups of epitaxial layers, which respectively constitute red, green and blue light-emitting structures, are laminated in order on the same substrate.

**CONSTITUTION:** A primary-color light-emitting element is constituted as a multilayer structure, wherein a green luminous part 10 is formed on a red luminous part 30 formed on a substrate 31 and moreover, a blue luminous part 20 is formed on the part 10. Therefore, the primary colors of red, green and blue can be emitted by one chip. As a result, it becomes possible to realize a full color display by controlling a voltage to each layer of red, green and blue luminous layers. Moreover, by turning the green luminous layer 15 into a non-doped  $\text{In}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{N}$  layer and by turning the blue luminous layer 25 into a non-doped  $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$  layer, a band end

light emission can be utilized and a primary-color light-emitting element of a sharper luminous wavelength can be obtained. Thereby, the realization of the full color display, which has not a blurred color and has a very good visual sensitivity, also becomes possible.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-293625

(43) 公開日 平成8年(1996)11月5日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 33/00

技術表示箇所

E  
C

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-101352

(22) 出願日 平成7年(1995)4月25日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 三浦 祥紀

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友

電気工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 松原 秀樹

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友

電気工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 関 壽

東京都八王子市南陽台3-21-12

(72) 発明者 瀬瀬 明伯

東京都府中市幸町2-41-13

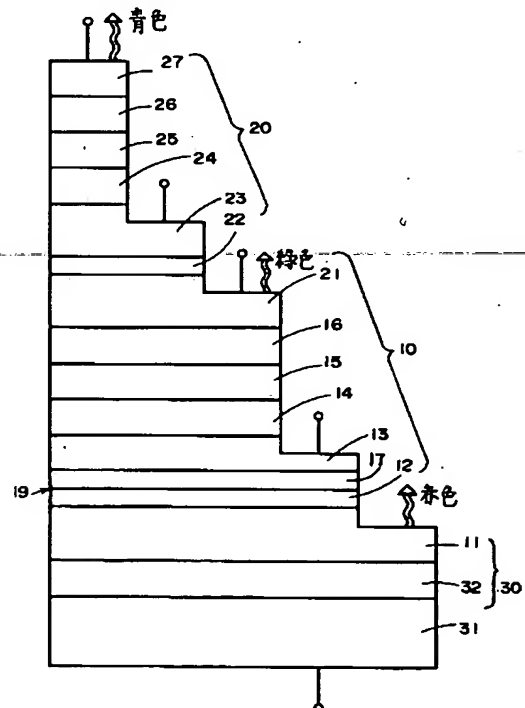
(74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 三原色発光素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 多層構造の三原色発光素子およびその製造方法を提供する。

【構成】 同一基板31上に成長された複数のエピタキシャル層からなる多層構造三原色発光素子であって、基板31上に成長された、赤色発光素子構造をなす第1のエピタキシャル層群30と、第1のエピタキシャル層群30上に成長された、緑色発光素子構造をなす第2のエピタキシャル層群10と、第2のエピタキシャル層群10上に成長された、青色発光素子構造をなす第3のエピタキシャル層群20とを含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一基板上に成長された複数のエピタキシャル層からなる多層構造三原色発光素子であって、前記基板上に成長された、赤色発光素子構造をなす第1のエピタキシャル層群と、

前記第1のエピタキシャル層群上に成長された、緑色発光素子構造をなす第2のエピタキシャル層群と、  
前記第2のエピタキシャル層群上に成長された、青色発光素子構造をなす第3のエピタキシャル層群とを含む、三原色発光素子。

【請求項2】 前記第1のエピタキシャル層群は、AlGaAsおよびGaAsPからなる群から選ばれる化合物半導体からなるエピタキシャル層を含み、  
前記第2のエピタキシャル層群は、GaNからなるエピタキシャル層を含み、  
前記第3のエピタキシャル層群は、GaNからなるエピタキシャル層を含み、  
前記第2のエピタキシャル層群は、前記第1のエピタキシャル層群との境界部にバッファ層を含む、請求項1記載の三原色発光素子。

【請求項3】 前記第1のエピタキシャル層群は、最上層がAlGaAsおよびGaAsPからなる群から選ばれる化合物半導体からなる層であり、  
前記第2のエピタキシャル層群は、  
厚さが10nm～80nmのGaNからなるバッファ層と、  
前記バッファ層上に成長された、GaNからなる第1の絶縁層と、  
前記バッファ層と前記第1の絶縁層との界面に位置する不整合面と、  
前記第1の絶縁層上に成長された、 $Al_xGa_{1-x}N$ （ただし、 $0 \leq x < 1$ ）からなる第1のエピタキシャル層と、  
前記第1のエピタキシャル層上に成長された緑色発光層と、  
前記緑色発光層上に成長された第1のクラッド層とを含む、

前記第3のエピタキシャル層群は、  
GaNからなる第2の絶縁層と、  
前記第2の絶縁層上に成長された、 $Al_yGa_{1-y}N$ （ただし、 $0 \leq y < 1$ ）からなる第2のエピタキシャル層と、  
前記第2のエピタキシャル層上に成長された青色発光層と、  
前記青色発光層上に成長された第2のクラッド層とを含む、請求項2記載の三原色発光素子。

【請求項4】 前記バッファ層の厚さは、20nm～60nmである、請求項2または請求項3に記載の三原色発光素子。

【請求項5】 同一基板上に複数のエピタキシャル層を

成長させてなる多層構造三原色発光素子の製造方法であって、

前記基板上に、最上層がAlGaAsおよびGaAsPからなる群から選ばれる化合物半導体からなる赤色発光素子構造をなす第1のエピタキシャル層群を形成するステップと、

前記第1のエピタキシャル層群の前記最上層上に、外部から反応室全体を加熱しながら塩化水素およびガリウムを含む有機金属原料を含む第1のガスとアンモニアを含む第2のガスを反応室内に導入して反応室内に設置された基板上に気相成長させる方法により、第1の温度で、GaNからなるバッファ層を形成するステップと、  
前記バッファ層上に、外部から反応室全体を加熱しながら塩化水素およびガリウムを含む有機金属原料を含む第1のガスとアンモニアを含む第2のガスを反応室内に導入して反応室内に設置された基板上に気相成長させる方法により、前記第1の温度より高い第2の温度で、GaNからなる第1の絶縁層を形成するステップと、  
前記第1の絶縁層上に、 $Al_xGa_{1-x}N$ （ただし、 $0 \leq x < 1$ ）からなる第1のエピタキシャル層を形成するステップと、

前記第1のエピタキシャル層上に、緑色発光層を形成するステップと、  
前記緑色発光層上に、第1のクラッド層を形成するステップと、  
前記第1のクラッド層上に、GaNからなる第2の絶縁層を形成するステップと、  
前記第2の絶縁層上に、 $Al_yGa_{1-y}N$ （ただし、 $0 \leq y < 1$ ）からなる第2のエピタキシャル層を形成するステップと、  
前記第2のエピタキシャル層上に、青色発光層を形成するステップと、  
前記青色発光層上に、第2のクラッド層を形成するステップとを備える、三原色発光素子の製造方法。

【請求項6】 前記第1の温度は300℃～700℃であり、前記第2の温度は750℃以上である、請求項5記載の三原色発光素子の製造方法。

【請求項7】 前記第1の温度は400℃～600℃である、請求項6記載の三原色発光素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、三原色発光素子およびその製造方法に関するものであり、特に、同一基板上に成長された複数のエピタキシャル層からなる多層構造三原色発光素子およびその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】図8は、従来のAlGaAs系の赤色発光素子(LED)の一例の構造を示す断面図である。

【0003】図8を参照して、この赤色発光素子100

は、Znがドーブされた $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ からなる基板101と、基板101上に形成されたp型 $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ からなる赤色発光層102と、赤色発光層102上に形成されたn型 $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ からなるクラッド層103とを備え、電極は、基板101およびクラッド層103からとっている。

【0004】なお、赤色発光素子の材料としては、このような $AlGaAs$ 系以外に、 $GaAsP$ 系のものも適用されている。

【0005】また、図9は、現在市販が開始されているGaN系の青色発光素子(LED)の一例の構造を示す断面図である。

【0006】図9を参照して、この青色発光素子200は、サファイア基板201と、基板201上に形成されたGaNバッファ層202と、バッファ層202上に形成された六方晶のn型GaNエピタキシャル層203とから構成されたエピタキシャルウェハ上に、n型 $AlGaN$ からなるクラッド層204、Znがドーブされたn型 $In_{0.1}Ga_{0.9}N$ からなる青色発光層205、p型 $AlGaN$ からなるクラッド層206およびp型GaNエピタキシャル層207が順に形成され、電極は、GaNエピタキシャル層203、207からとっている。

【0007】なお、この青色発光素子において、GaNバッファ層202は、サファイア基板201とGaNエピタキシャル層203との格子定数の差による歪みを緩和するために設けられている。

【0008】さらに、図10は、青色発光素子と同様に現在市販が開始されているGaN系の青緑色発光素子(LED)の一例の構造を示す断面図である。

【0009】図10を参照して、この青緑色発光素子300は、サファイア基板301と、基板301上に形成されたGaNバッファ層302と、GaNバッファ層302上に形成された六方晶のn型GaNエピタキシャル層303とから構成されたエピタキシャルウェハ上に、n型 $AlGaN$ からなるクラッド層304、Znがドーブされたn型 $In_{0.1}Ga_{0.9}N$ からなる青緑色発光層305、p型 $AlGaN$ からなるクラッド層306およびp型GaNエピタキシャル層307が順に形成され、電極は、GaNエピタキシャル層303、307からとっている。

【0010】なお、この青緑色発光素子において、GaNバッファ層302は、サファイア基板301とGaNエピタキシャル層303との格子定数の差による歪みを緩和するために設けられている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来、上述のように、赤色、青色、緑色のそれぞれ個別の発光素子(LED)を作製することはできたが、ハイブリッドになったものは作製することができなかった。なぜなら、上述のように、青色および緑色発光素子はGaN層

をサファイア基板上に成長させるものであるが、多層構造の三原色発光素子を作製するためには、赤色発光素子の $AlGaAs$ 層上へGaN層を形成する技術が必要となるからである。

【0012】しかしながら、従来、赤色発光素子の材料として用いられる $AlGaAs$ 層または $GaAsP$ 層上に、青色および緑色発光素子の材料として用いられるGaN層を形成することはできなかった。そのため、従来、マルチカラーを表示する際には、各色のLEDを個別に設置する必要がある、画像密度を高くすることができないという問題があった。

【0013】この発明の目的は、上述の問題点を解決し、多層構造の三原色発光素子およびそれを工業的に製造できる方法を、提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明による三原色発光素子は、同一基板上に成長された複数のエピタキシャル層からなる多層構造三原色発光素子であって、基板上に成長された赤色発光素子構造をなす第1のエピタキシャル層群と、第1のエピタキシャル層群上に成長された緑色発光素子構造をなす第2のエピタキシャル層群と、第2のエピタキシャル層群上に成長された青色発光素子構造をなす第3のエピタキシャル層群とを含む。

【0015】請求項2の発明による三原色発光素子は、請求項1の発明において、第1のエピタキシャル層群は $AlGaAs$ または $GaAsP$ からなる群から選ばれる化合物半導体からなるエピタキシャル層を含み、第2のエピタキシャル層群はGaNからなるエピタキシャル層を含み、第3のエピタキシャル層群はGaNからなるエピタキシャル層を含み、第2のエピタキシャル層群は第1のエピタキシャル層群との境界部にバッファ層を含んでいる。

【0016】請求項3の発明による三原色発光素子は、請求項2の発明において、第1のエピタキシャル層群は最上層が $AlGaAs$ および $GaAsP$ からなる群から選ばれる化合物半導体からなる層であり、第2のエピタキシャル層群は、厚さが10nm~80nmのGaNからなるバッファ層と、バッファ層上に成長されたGaNからなる第1の絶縁層と、バッファ層と第1の絶縁層との界面に位置する不整合面と、第1の絶縁層上に成長された $Al_xGa_{1-x}N$  (ただし、 $0 \leq x < 1$ ) からなる第1のエピタキシャル層と、第1のエピタキシャル層上に成長された緑色発光層と、緑色発光層上に成長された第1のクラッド層とを含み、第3のエピタキシャル層群は、GaNからなる第2の絶縁層と、第2の絶縁層上に成長された $Al_yGa_{1-y}N$  (ただし、 $0 \leq y < 1$ ) からなる第2のエピタキシャル層と、第2のエピタキシャル層上に成長された青色発光層と、青色発光層上に成長された第2のクラッド層とを含んでいる。

【0017】ここで、バッファ層と絶縁層との界面に位

置する不整合面としては、たとえば、バッファ層と絶縁層との結晶格子のずれによるもの等が考えられ、この面は、透過電子顕微鏡(TEM)観察により、コントラストの違いとして観察することができる。

【0018】請求項4の発明による三原色発光素子は、請求項2または請求項3の発明において、バッファ層の厚さは20nm~60nmである。

【0019】請求項5の発明による三原色発光素子の製造方法は、同一基板上に複数のエピタキシャル層を成長させてなる多層構造三原色発光素子の製造方法であつて、基板上に、最上層がAlGaAsおよびGaAsPからなる群から選ばれる化合物半導体からなる赤色発光素子構造をなす第1のエピタキシャル層群を形成するステップと、第1のエピタキシャル層群の最上層上に、外部から反応室全体を加熱しながら塩化水素およびガリウムを含む有機金属原料を含む第1のガスとアンモニアを含む第2のガスとを反応室内に導入して反応室内に設置された基板上に気相成長させる方法により、第1の温度で、Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>からなるバッファ層を形成するステップと、バッファ層上に、外部から反応室全体を加熱しながら塩化水素およびガリウムを含む有機金属原料を含む第1のガスとアンモニアを含む第2のガスとを反応室内に導入して反応室内に設置された基板上に気相成長させる方法により、第1の温度より高い第2の温度で、Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>からなる第1の絶縁層を形成するステップと、第1の絶縁層上に、Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub> (ただし、0 ≤ x < 1) からなる第1のエピタキシャル層を形成するステップと、第1のエピタキシャル層上に、緑色発光層を形成するステップと、緑色発光層上に、第1のクラッド層を形成するステップと、第1のクラッド層上に、Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>からなる第2の絶縁層を形成するステップと、第2の絶縁層上に、Al<sub>1-y</sub>Ga<sub>y</sub>N<sub>1-y</sub> (ただし、0 ≤ y < 1) からなる第2のエピタキシャル層を形成するステップと、第2のエピタキシャル層上に、青色発光層を形成するステップと、青色発光層上に第2のクラッド層を形成するステップとを備えている。

【0020】なお、ガリウムを含む有機金属原料としては、たとえば、トリメチルガリウム、トリエチルガリウム等が用いられる。

【0021】請求項6の発明による三原色発光素子の製造方法は、請求項5の発明において、第1の温度は300℃~700℃であり、第2の温度は750℃以上である。

【0022】請求項7の発明による三原色発光素子の製造方法は、請求項6の発明において、第1の温度は400℃~600℃である。

【0023】

【作用】この発明による三原色発光素子は、発光窓から見て青色、緑色、赤色の順に発光層が並んでいるため、各発光は、上層部の材料で光を吸収されることなく、

すべて透過する。その結果、非常に素子構造が簡単な三原色発光素子を形成することができる。

【0024】また、この発明による三原色発光素子は、厚さが10nm~80nmのGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>からなるバッファ層を備えている。

【0025】本願発明におけるこのバッファ層は、下層とGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>エピタキシャル層との格子定数の差による歪を緩和する作用の他に、耐熱性コーティングとしての作用も兼ね備えている。

【0026】すなわち、Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>のエピタキシャル成長は、通常800℃~1100℃という非常に高温で行なう必要があるが、AlGaAsおよびGaAsP層は、800℃以上の高温ではAsやPの抜けが起こってしまう。このようなことから、AlGaAsおよびGaAsP層上にGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>エピタキシャル層を形成するためには、耐熱性コーティングを施す必要がある。本願発明においてGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>エピタキシャル層より低温で形成されるGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>バッファ層は、このような耐熱性コーティングとして作用するものでもある。

【0027】このGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>バッファ層の厚さは、10nm~80nmである。10nmより薄いと、エピタキシャル層を形成するための昇温中にバッファ層が部分的に途切れ、この上に形成されたエピタキシャル層が剥れてしまうからである。一方、80nmより厚いと、フラットなバッファ層の低温成長に核成長が混ざり、この核を中心にピラミッド状にエピタキシャル層が成長してしまうからである。

【0028】また、この発明に従う三原色発光素子の製造方法によれば、AlGaAsおよびGaAsPからなる群から選ばれる化合物半導体からなる層上に、Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>エピタキシャル層の成長温度よりも低い温度で、Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>バッファ層を形成している。

【0029】そのため、AlGaAs層またはGaAsP層がダメージを受けることなく、高品質な立方晶のGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>エピタキシャル層を成長させることができる。

【0030】このGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>からなるバッファ層を形成する際の温度は、300℃~700℃が好ましい。300℃より低いと、Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>からなるバッファ層が成長しないからである。一方、700℃より高いと、下層が熱ダメージを受けて、この上に形成されたエピタキシャル層が剥れてしまうからである。

【0031】また、この発明によれば、Ga<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>バッファ層およびGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>エピタキシャル層の形成に、外部から反応室全体を加熱しながら塩化水素およびガリウムを含む有機金属原料を含む第1のガスとアンモニアを含む第2のガスとを反応室内に導入して反応室内に設置された基板上に気相成長させる方法(以下「有機金属クロライド気相エピタキ成長法」という)が用いられている。この有機金属クロライド気相エピタキ成長法は、成長速度が速い上に、急峻なヘテロ界面を得ることが可能であ

る。

【0032】さらに、この発明によれば、バッファ層およびエピタキシャル層が同一の有機金属クロライド気相エピタキシ成長法により形成される。そのため、同一チャンバ内で一貫成長させることが可能となる。

【0033】

【実施例】

(1) AlGaAs層またはGaAsP層上へのGaNエピタキシャル層の形成

(実施例1) 図1は、エピタキシャルウェハの一例の構造を示す断面図である。

【0034】図1を参照して、このエピタキシャルウェハは、AlGaAs基板1上にGaNバッファ層2が形成され、さらにその上にGaNエピタキシャル層3が形成されている。なお、GaNバッファ層2とGaNエピタキシャル層3との界面には、不整合面9が位置している。

【0035】次に、このように構成されるエピタキシャルウェハの製造方法について、以下に説明する。

【0036】図2は、この発明による有機金属クロライド気相エピタキシ成長法を用いたエピタキシャルウェハの製造に用いられる気相成長装置の概略構成を示す図である。図2を参照して、この装置は、第1のガス導入口51と第2のガス導入口52と排気口53とを有する反応チャンバ54と、この反応チャンバ54の外部からチャンバ内全体を加熱するための抵抗加熱ヒータ55とから構成される。

【0037】このように構成される装置を用いて、以下のようにエピタキシャルウェハの作製を行なった。

【0038】図2を参照して、まず、石英からなる反応チャンバ54内に、H<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>系の通常のエッチング液で前処理された、あるいは前処理なしの、砒化ガリウムアルミニウムAlGaAs(100)面基板1を設置した。

【0039】次に、抵抗加熱ヒータ55により外部からチャンバ内全体を加熱して、基板1を500℃に保持した状態で、第1のガス導入口51からIII族原料としてトリメチルガリウム(TMGa)および塩化水素(HCl)をそれぞれ分圧 $8 \times 10^{-4}$  atm、 $8 \times 10^{-4}$  atmで導入し、一方、第2のガス導入口52からはV族原料としてアンモニアガス(NH<sub>3</sub>)を分圧 $1.6 \times 10^{-1}$  atmで導入した。このような条件で、15分間エピタキシャル成長させ、厚さ30 nmのGaNバッファ層2を形成した。

【0040】次に、このようにGaNバッファ層2が形成された基板1の温度を、抵抗加熱ヒータ55により850℃まで昇温した後、TMGa、HCl、NH<sub>3</sub>の分圧をそれぞれ $8 \times 10^{-4}$  atm、 $8 \times 10^{-4}$  atm、 $1.6 \times 10^{-1}$  atmという条件で、60分間エピタキシャル成長させた。

【0041】その結果、GaNバッファ層2上に、厚さ2 μmの鏡面状のGaNエピタキシャル層3が形成された。このGaNエピタキシャル層3のフォトルミネセンス(PL)スペクトルは、ピーク波長が360 nmの強い発光が観測された。また、X線回折の結果、六方晶を含まない立方晶のGaNエピタキシャル層が成長していることが確認された。

【0042】(実施例2) GaNバッファ層2およびGaNエピタキシャル層3の成長条件を以下のように変更し、他の条件は実施例1と同様にして、図1に示す構造を有するエピタキシャルウェハを作製した。

【0043】GaNバッファ層の成長条件

基板温度：400℃

TMGa分圧： $1 \times 10^{-4}$  atm

HClの分圧： $1 \times 10^{-4}$  atm

NH<sub>3</sub>の分圧： $5 \times 10^{-1}$  atm

成長時間：40分間

GaNエピタキシャル層の成長条件

基板温度：900℃

TMGa分圧： $3 \times 10^{-4}$  atm

HClの分圧： $3 \times 10^{-4}$  atm

NH<sub>3</sub>の分圧： $8 \times 10^{-1}$  atm

成長時間：60分間

このようにして得られたエピタキシャルウェハにおいては、厚さ40 nmのGaNバッファ層2の上に、厚さ8 μmの鏡面状のGaNエピタキシャル層3が形成されていた。

【0044】このGaNエピタキシャル層3のPLスペクトルは、ピーク波長が360 nmの強い発光が観測された。また、X線回折の結果、六方晶を含まない立方晶のGaNエピタキシャル層が成長していることが確認された。

【0045】(比較例1) GaNバッファ層の有無によるGaNエピタキシャル層の特性の差異について調べるため、AlGaAs基板上に、直接GaNエピタキシャル層を成長させた。なお、GaNエピタキシャル層の成長条件は、実施例1と同様とした。

【0046】その結果、GaNバッファ層を設けない場合には、AlGaAs基板表面が高温によりダメージを受けて凹凸ができ、その上に形成されたGaNエピタキシャル層は基板から剥れてしまっている様子が観察できた。

【0047】また、バッファ層の有無による特性の差異を比較するため、前述の実施例1とこの比較例1で得られたエピタキシャルウェハについて、表面粗さ計によるGaNエピタキシャル表面の凹凸の測定、X線回折およびPL測定の結果を比較した。

【0048】その結果、GaNエピタキシャル層表面の凹凸については大きな差が見られ、GaNバッファ層を設けることにより著しく表面ホモロジーが改善されるこ

とがわかった。また、X線回折、PL測定の結果についても、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層を設けた実施例についてのみ、非常にシャープなピークが観察された。

【0049】(実施例3) Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層の最適厚さを検討するため、AlGaAs基板上に種々の厚さのGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層を形成し、この上にGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>エピタキシャル層を成長させて、得られたGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>エピタキシャル層の特性を比較した。

【0050】なお、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層およびGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>エピタキシャル層の成長条件は、実施例1と同様とした。

【0051】図3は、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層の厚さと、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>エピタキシャル層のX線ピークの半値幅(FWHM)との関係を示す図である。図3において、横軸はGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層の厚さ(nm)を示し、縦軸はX線ピークの半値幅(FWHM)(分)を示している。

【0052】また、図4は、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層の厚さと、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>エピタキシャル層の表面凹凸との関係を示す図である。図4において、横軸はGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層の厚さ(nm)を示し、縦軸は表面凹凸(μm)を示している。なお、表面凹凸とは、凸部最上点と凹部最下点の差

である。

【0053】図3および図4より明らかなように、バッファ層の厚さが薄すぎても厚すぎても、その上に成長するGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>エピタキシャル層の結晶特性は低下してしまう。そのため、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層の厚さとしては10nm~80nmが好ましく、さらに好ましくは20nm~60nmであると良いことがわかる。

【0054】(実施例4) AlGaAs基板の代わりにGaAsP基板を用いて、実施例1と同様の条件でGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層を形成し、さらにその上に実施例1と同様の条件でGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>エピタキシャル層を形成した。

【0055】このようにして得られたエピタキシャルウェハについて、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>エピタキシャル層のPL測定およびX線回折測定を行なった。その結果、実施例1と同様に良好なピークが得られた。

【0056】(実施例5) III族原料としてTMGaの代わりにTEGa(トリエチルガリウム)を用いて、実施例1と同様の条件でGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層を形成し、さらにその上にTEGaを用いて実施例1と同様の条件でGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>エピタキシャル層を形成した。

【0057】このようにして得られたエピタキシャルウェハについて、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>エピタキシャル層のPL測定およびX線回折測定を行なった。その結果、実施例1と同様に良好なピークが得られた。

【0058】(2) 三原色発光素子の作製

以上説明した技術を利用して、以下に示すような三原色発光素子を作製した。

【0059】(実施例6) 図5は、この発明による三原色発光素子の一例の構造を示す断面図である。

【0060】図5を参照して、この三原色発光素子は、

基板31上に形成された赤色発光部30上に緑色発光部10が形成され、さらにその上に青色発光部20が形成されて構成される。

【0061】赤色発光部30は、ZnがドープされたAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asからなる基板31上に形成されたp型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asからなる赤色発光層32と、赤色発光層32上に形成されたn型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asからなるクラッド層11とから構成される。

【0062】また、緑色発光部10は、赤色発光部30の最上層のクラッド層11上に形成されたノンドープGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層12と、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層12上に形成されたGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>絶縁層17とを備え、さらにその上に、n型Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>エピタキシャル層13と、n型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなるクラッド層14と、ZnとSiがドープされたn型In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる緑色発光層15と、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなるクラッド層16と、p型Ga<sub>0.9</sub>Nエピタキシャル層21とが順に積層されて構成される。なお、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層12とGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>絶縁層17との界面には、不整合面19が位置している。

【0063】さらに、青色発光部20は、緑色発光部10の最上層のp型Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>エピタキシャル層21上に形成されたGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>絶縁層22と、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>絶縁層22上に形成されたn型Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>エピタキシャル層23とを備え、さらにその上に、n型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなるクラッド層24と、ZnとSiがドープされたn型In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる青色発光層25と、p型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなるクラッド層26と、p型Ga<sub>0.9</sub>Nエピタキシャル層27とが順に積層されて構成される。なお、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>の絶縁層の形成には、CdもしくはZnのドーピングを用いた。

【0064】この実施例のように、本発明によれば、三原色の多層構造の形成が可能となるため、1チップで赤、緑、青の三原色を発光することができる。その結果、各層への電圧を制御することにより、フルカラーディスプレイも実現可能となる。

【0065】また、緑色発光層15をノンドープのIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N、青色発光層25をノンドープのIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nにすることにより、バンド端発光を利用することができ、より発光波長のシャープな素子を得ることができる。これにより、色ボケのない、非常に視感度の良い、フルカラーディスプレイの実現も可能となる。

【0066】さらに、この実施例においては、3色の発光部の互いの間隔を、従来と比較して大幅に縮小できるため、高精細で高品質な画像を生み出すことが可能となる。

【0067】図6は、この発明による三原色発光素子の一例の構造を示す平面図であり、同一の窓部27により三原色の発光がとり出せる、透過光利用型の三原色発光素子である。

【0068】また、図7は、この発明による三原色発光

素子の他の例の構造を示す平面図であり、直接光および透過光利用型の三原色発光素子である。このように、各エピタキシャル層群の発光効率が大きく異なる場合は、三色が部分的に個別に構成されていてもよい。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、AlGaAsまたはGaAsPからなる層上に、高品質の立方晶のGaNエピタキシャル層を形成する技術を利用して、多層構造の三原色発光素子の作製が可能となる。

【0070】また、この発明によれば、速い成長速度で、かつ同一チャンバ内でエピタキシャルウェハを製造することができる上に、ヘテロ成長や多数枚成長も可能である。したがって、この発明による方法は、工業的生産に対しても十分に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】エピタキシャルウェハの一例の構造を示す断面図である。

【図2】この発明による有機金属クロライド気相エピタキシ成長法を用いたエピタキシャルウェハの製造に用いられる気相成長装置の概略構成を示す図である。

【図3】GaNバッファ層の厚さと、GaNエピタキシャル層のX線ピークの半値幅（FWHM）との関係を示す図である。

【図4】GaNバッファ層の厚さと、GaNエピタキシャル層の表面凹凸との関係を示す図である。

【図5】本発明による三原色発光素子の一例の構造を示す断面図である。

【図6】この発明による三原色発光素子の一例の構造を示す平面図である。

【図7】この発明による三原色発光素子の他の例の構造を示す平面図である。

【図8】従来の赤色発光素子の一例の構造を示す断面図である。

【図9】従来の青色発光素子の一例の構造を示す断面図である。

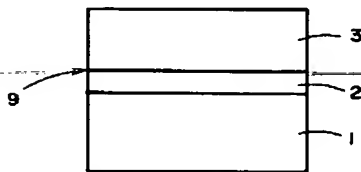
【図10】従来の緑色発光素子の一例の構造を示す断面図である。

【符号の説明】

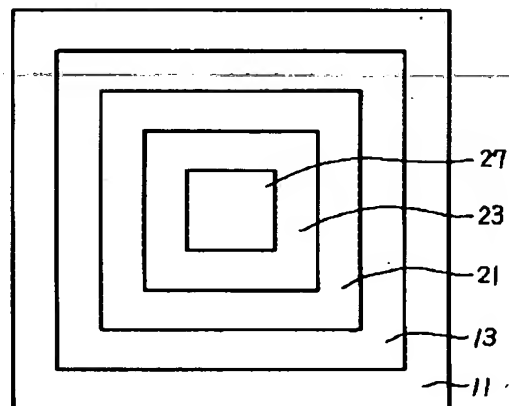
- 1 AlGaAs 基板
- 2 GaNバッファ層
- 10 3 GaNエピタキシャル層
- 10 緑色発光部
- 11 AlGaAs 層
- 12 バッファ層
- 13 第1のエピタキシャル層
- 15 緑色発光層
- 16 第1のクラッド層
- 17 第1の絶縁層
- 19 不整合面
- 20 青色発光部
- 20 22 第2の絶縁層
- 23 第2のエピタキシャル層
- 25 青色発光層
- 26 第2のクラッド層
- 30 赤色発光部
- 31 AlGaAs 基板
- 32 赤色発光層
- 51 第1のガス導入口
- 52 第2のガス導入口
- 53 排気口
- 30 54 反応チャンバ
- 55 抵抗加熱ヒータ

なお、各図中、同一符号は同一または相当部分を示す。

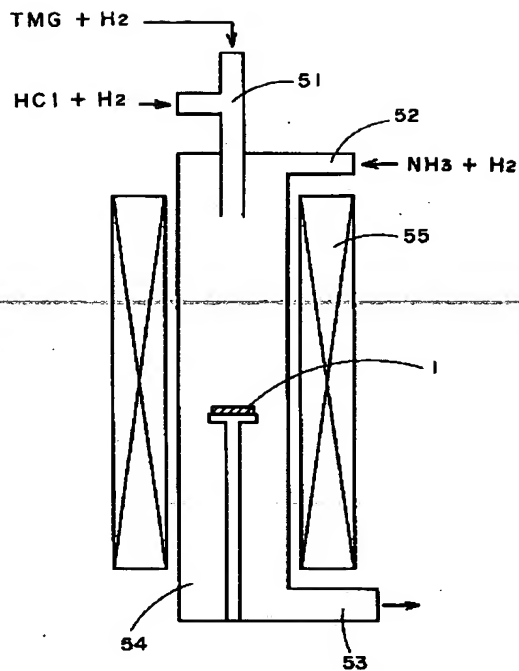
【図1】



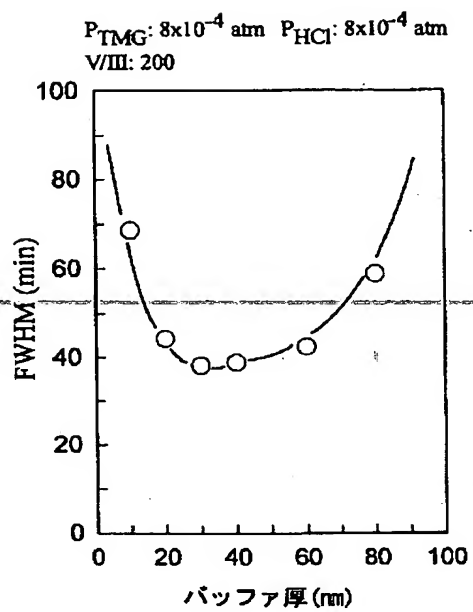
【図6】



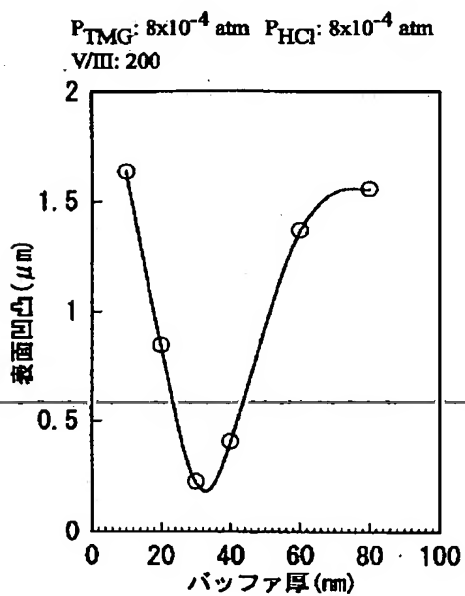
【図 2】



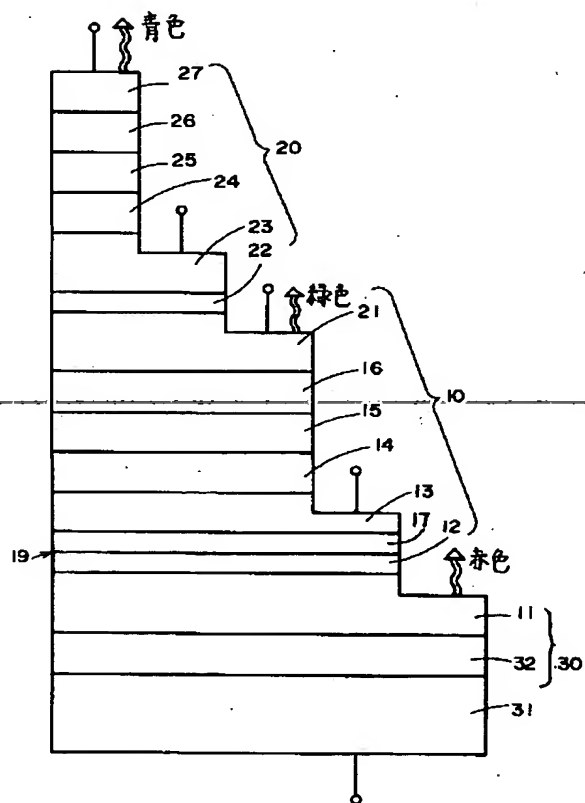
【図 3】



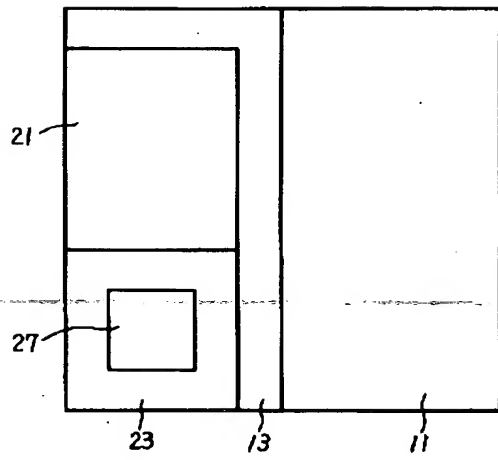
【図 4】



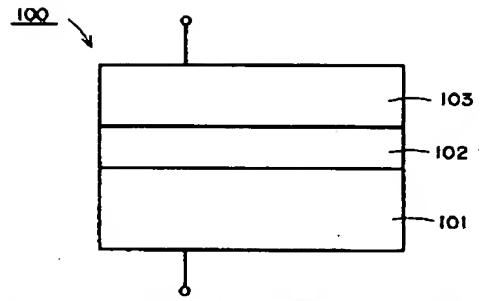
【図 5】



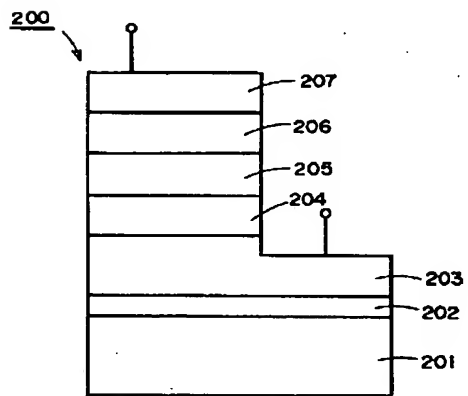
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

